

浄化槽用攪拌機内の流速分布に及ぼすガイドリングの影響

日大生産工(院) 大竹 敦史 日大生産工 山崎 博司
日大生産工 野村 浩司 日大生産工 氏家 康成

1. 緒言

攪拌操作は化学工業分野, 食料品分野, 薬品分野など様々な分野に用いられ, 重要な工程の一つとなっている¹⁾. 近年では, 排水処理分野などでバイオ技術が利用されており, バイオリアクタにおいて攪拌操作が注目を浴びている. しかし, 様々な問題に対して従来型の攪拌装置では対応が困難になってきている. そこで本研究では, ドラフトチューブ方式攪拌機を提案してきた. ドラフトチューブの特徴は簡単な構造にも関わらず, 攪拌槽内に循環流を生成できることである. 本研究ではバイオリアクタの一種である浄化槽用攪拌装置に着目し, ドラフトチューブ方式を採用することで高い性能を発揮できると考えた. しかし, ドラフトチューブ方式には攪拌時に槽内の流速分布の不均一性という欠点がある. 過去の研究より, ドラフトチューブ外側の流速分布は槽上部にガイドリングを設置することで, ドラフトチューブ外側の流速を制御することができた²⁾. しかし, ドラフトチューブ内側の流速分布は不均一のままである. そこで本研究では, 攪拌翼形状を変化させ上部のガイドリングと組み合わせること, さらに攪拌槽下部にガイドリングを設置し上部ガイドリングと組み合わせることでドラフトチューブ内壁近傍に適度な流れを導き, 攪拌槽内の流速分布均一化を試みた. 本報では, 攪拌槽内の流速分布に及ぼすガイドリングの影響について得られた知見を述べる.

2. 実験装置

Fig.1 に実験装置の概要を示す. 実験装置は攪拌装置部と測定部からなる. 攪拌装置部は攪拌槽, ドラフトチューブ, 上部ガイドリング,

下部ガイドリング, アクリルパイプ, 攪拌翼, 天板, 油圧リフト, 可変速モータから構成される. 測定部はひずみゲージ式トルクセンサ, ひずみアンプ, 電圧計, ハロゲンライト, ビデオカメラ, PC から構成される.

2.1. 攪拌装置部

Fig.2 にドラフトチューブ方式を採用した浄化槽を模擬した攪拌槽詳細を示す. 攪拌槽は内径 240 mm, 外径 250 mm, 高さ 600 mm の円筒形, ドラフトチューブは内径 159 mm, 外径 165 mm, 長さ 368 mm の円筒形で黄銅製のバンドと金具で攪拌槽に固定した. 攪拌槽上部の拡大図を Fig.3 に示す. 微生物の担持を想定したアクリルパイプは内径 16.5 mm, 外径 18 mm, 高さ 300 mm の円筒形で攪拌槽内に隙間無く設置した. また, パイプには番号を付け, 攪拌槽の中心から外側に向かって 1 番から 7 番とした. 上部ガイドリングはアクリルパイプ上部の位置でパイプ番号 6 番と 7 番の間に

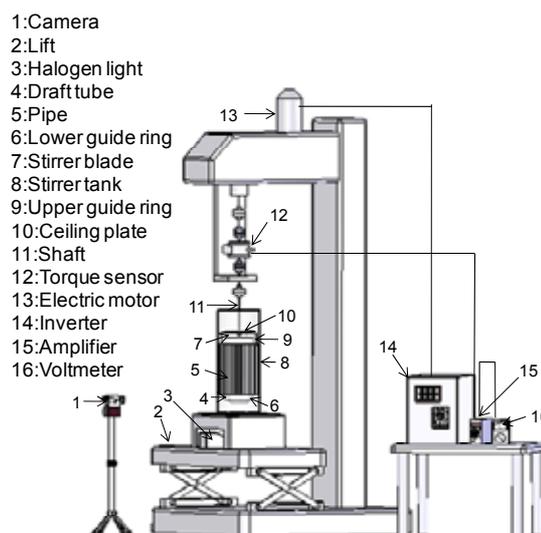


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

Effect of Guide Ring on Flow Velocity Distribution in Stirrer for Septic Tank

Atsushi OOTAKE, Hiroshi YAMASAKI, Hiroshi NOMURA and Yasushige UJIIE

設置し、高さは過去の研究において良好な結果が得られた 60 mm、65 mm のものを用いた。これらを設置した条件では、それぞれガイドリング上部が攪拌翼高さの約 60 %、約 80 % に相当する。Fig.4 に本研究で用いた攪拌翼の形状を示す。攪拌翼はフラットパドルに加え、新形状攪拌翼 Type 1 ~ Type 3 を使用した。また、Fig.5 に下部ガイドリングの詳細を示す。下部ガイドリングはパイプ下部の位置でパイプ番号 4 番と 5 番の間に設置し、高さは 40 mm、50 mm、60 mm のものを用いた。

2.2. 測定部

ひずみゲージ式トルクセンサは攪拌動力を測定するために用いた。攪拌翼が受ける反トルクを測定し、攪拌動力を算出する。ハロゲンライト、ビデオカメラ、PC は流速測定に用いる。本研究では、光学的手法を用いて流速測定を行う。

3. 実験方法

本実験では、浄化槽用攪拌機にドラフトチューブ方式を採用し、新形状攪拌翼および下部ガイドリングを上部ガイドリングと組み合わせて設置した場合の槽内の流速分布および混合時間におよぼす効果に着目した。攪拌流体は水とし、実験パラメータは攪拌動力を採用している。水のような低粘度流体を扱う場合、動力は約 100 W/m^3 と言われている。本実験の攪拌水量は水位 480 mm (約 20 程度) であり、動力はおおよそ 2 W 程度と見積もられる。よって、本研究では攪拌動力を 0.5 W、1 W、2 W とした。新形状攪拌翼は上部ガイドリング高さを変えて流速測定を行った。上部および下部ガイドリングはそれぞれガイドリング高さを変えて流速測定および混合時間測定を行った。

3.1. 流速測定

Fig.6 に流速測定方法を示す。槽内にトレーサー粒子を投入し、光源であるハロゲンライトから鏡、アパーチャーを介して一本のパイプにのみ光を導き、トレーサー粒子の動向をビデオカメラにて撮影する。この手順で 1 番から 7 番までのパイプを撮影し、その映像により流速を

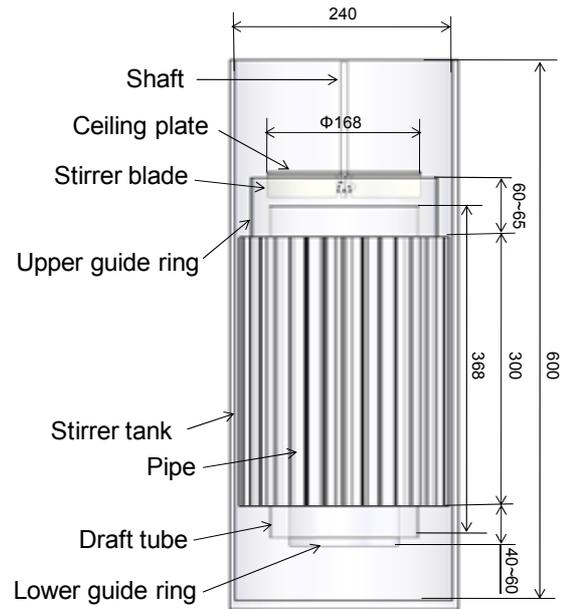


Fig.2 Detail of stirrer tank

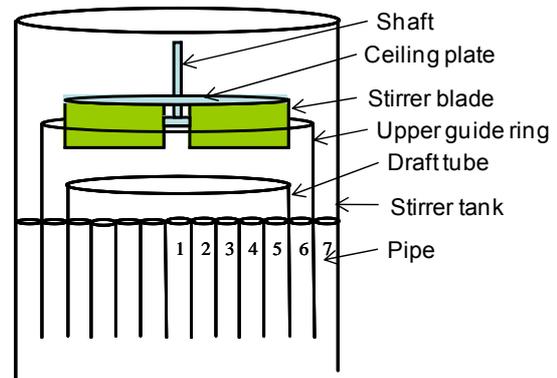


Fig.3 Extended figure of upper stirrer tank

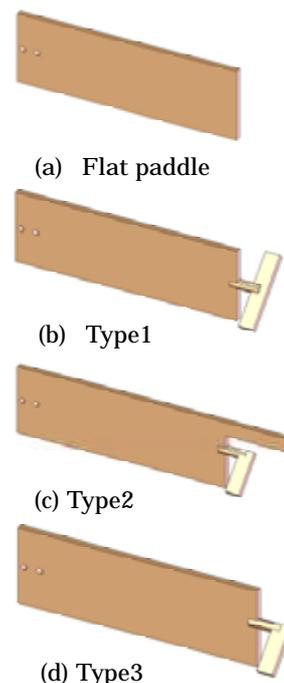


Fig.4 Shape of stirrer blades

測定する．以後の測定位置はアクリルパイプ番号で示す．

3.2. 混合時間測定

混合時間は一般的に用いられているヨウ素ハイポ法を採用し，目視で評価した．まずヨウ素と流体が均一に混合するまで攪拌を行う．その後，チオ硫酸ナトリウムを入れ，着色が完全に無色透明になるまでの時間を計る．混合時間は，チオ硫酸ナトリウムを投入してから液体が無色透明になるまでの時間とする．

4. 実験結果及び考察

4.1. 流速測定

攪拌槽内にドラフトチューブ，パイプ及びフラットパドルを設置した場合の流速測定結果を Fig.7 に示す．これは基準となる条件である．この場合，ドラフトチューブ外側の領域の流速差が大きく，ドラフトチューブ内側では 5 番の流速が遅いことが確認できる．これらを解消し，槽内の流速分布を均一にするため上部及び下部ガイドリング，新形状攪拌翼を設置した．Fig.8 に上部ガイドリングを設置し，攪拌翼形状を変化させた場合の槽内の流速分布が最も均一に近くなった結果を示す．この条件は上部ガイドリング 60 mm を設置し，Type 1 の翼を用いた場合である．ドラフトチューブ外側は流速がほぼ均一となったが，ドラフトチューブ内側では 5 番が依然遅い結果となっている．5 番の流速は速くなったが，そこへ流れ込む流量がまだ少ないためドラフトチューブ内側の流速分布均一化には至らなかった．

Fig.9 に上部および下部ガイドリングを設置した場合の槽内の流速分布が均一に近くなった結果を示す．Fig.9 (a) は上部ガイドリング 65 mm ，下部ガイドリング 40 mm を設置の結果であり，(b) は上部ガイドリング 60 mm ，下部ガイドリング 40 mm を設置の結果である．Fig.9 (a) よりドラフトチューブ外側の流速はほぼ均一となっているが，ドラフトチューブ内側の流速は均一にならなかった．4 番，5 番の流速はほぼ均一になったが，1 番～3 番の流速と比較すると明らかに遅いことが確認できる．

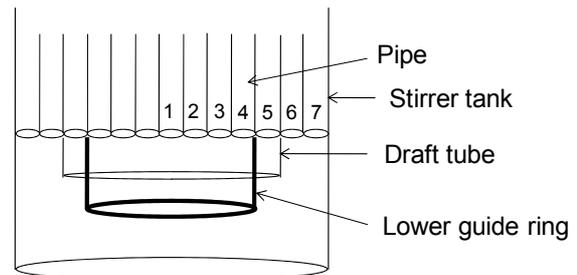


Fig.5 Extended figure of lower stirrer tank

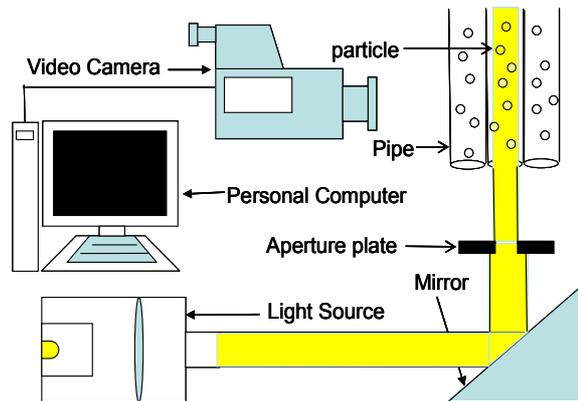


Fig.6 Schematic of flow velocity measurement

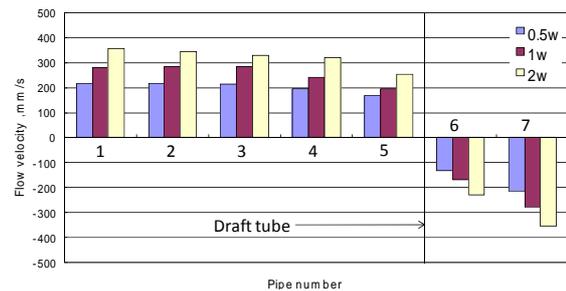


Fig.7 Flow velocity distribution of standard model

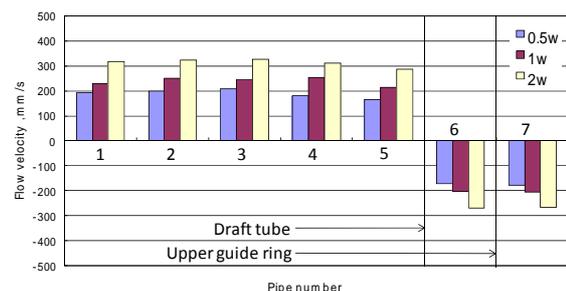


Fig.8 Flow velocity distribution of paddle type1 with upper guide ring of 60 mm height

Fig.9 (b) では 5 番の流速が速くなり，槽内の流速分布が最も均一に近くなる結果となった．(a) と (b) は上部ガイドリングの高さが違うだけだが，(b) の条件では槽内の流速分布がほぼ均一となった．これは上下のガイドリング高さのバランスによるものと考えられる．また，下部ガイドリング 60 mm を設置した場合，

5 番の流速は速くなったが、4 番の流速が極端に遅くなった。これは下部ガイドリングの高さが高すぎたため、流体が 4 番にわずかしが流入せず 5 番により多くの流体が流入したと考えられる。下部ガイドリング 50 mm を設置した場合、5 番の流速は速くなったが、流速分布の均一化にはならなかった。上部ガイドリング 65 mm と組み合わせた結果、1 番～3 番と 4 番、5 番との間において流速差が生じる結果となった。以上の結果より、攪拌槽内の流速分布において、上部ガイドリング 60 mm と下部ガイドリング 40 mm を設置した場合が均一な流速分布に最も近い状態となった。したがって、下部ガイドリング 40 mm を設置の場合が 4 番への流体の流入を妨げることなしに、5 番へも流体を流入させることができる適切な高さであるといえる。これは、攪拌槽底面からドラフトチューブ下面までの高さの約 20% に相当する。

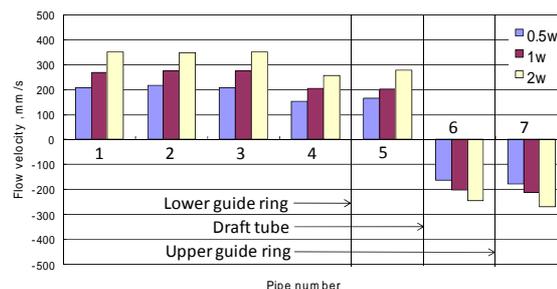
4.2. 混合時間測定

上部ガイドリングと下部ガイドリングを組み合わせることで、上部ガイドリングを設置しない場合と比較して全ての条件でわずかだが混合時間の短縮となった。Fig.10 は下部ガイドリング 40 mm を設置した場合の上部ガイドリング高さと混合時間の関係である。下部ガイドリング 40 mm を設置した場合が最も混合時間が短くなった。特に、上部ガイドリング 60 mm と組み合わせることで、他条件より混合時間がわずかではあるが短くなった。この場合、全ての流路の流速が等しくなったため、混合が促進されて混合時間の短縮となったと考えられる。

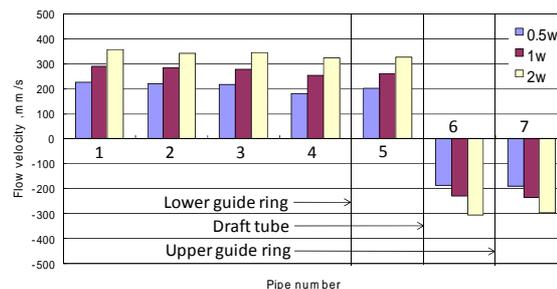
5. 結言

攪拌槽内の流速分布均一化を図るために、上部ガイドリングと新形状攪拌翼および下部ガイドリングを組み合わせさせた結果、以下の知見を得た。

- (1) 攪拌翼形状を工夫し、上部ガイドリングと組み合わせることで、ドラフトチューブ内壁近傍の増速に寄与することが示された。
- (2) 上部ガイドリングに下部ガイドリングを組み合わせることにより、均一な流速分布



(a) Draft tube with upper guide ring of 65 mm height and lower guide ring of 40 mm height



(b) Draft tube with upper guide ring of 60 mm height and lower guide ring of 40 mm height

Fig.9 Relations between flow velocity and pipe number

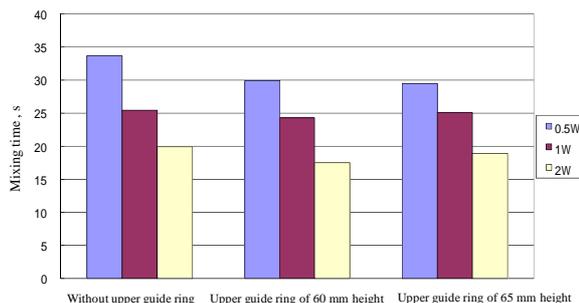


Fig.10 Effect of lower guide ring of 40 mm height on mixing time

が生成された。また、本実験の範囲では上部は攪拌翼高さの約 60%、下部は攪拌槽底面からドラフトチューブ下面までの高さの約 20% に相当する高さであった。

- (3) 均一な流速分布を生成することは、混合時間の短縮に寄与することが示された。
- (4) 背高の浄化槽用攪拌機において、ドラフトチューブ方式の有用性が示唆された。

参考文献

- 1) 佐竹化学機械工業株式会社 攪拌技術 (1992)
- 2) 大竹, 山崎, 野村, 氏家 浄化槽用攪拌機内流れに及ぼすガイドリングの影響 日本機械学会 2008 年度年次大会講演論文集(2) (2008・8) P121-122